PHƯƠNG TRÌNH ĐỘNG HỌC ROBOT

GV: Th.S Nguyễn Tấn Phúc.

Bộ môn cơ điện tử-ĐHNL-Tp.hcm

NỘI DUNG

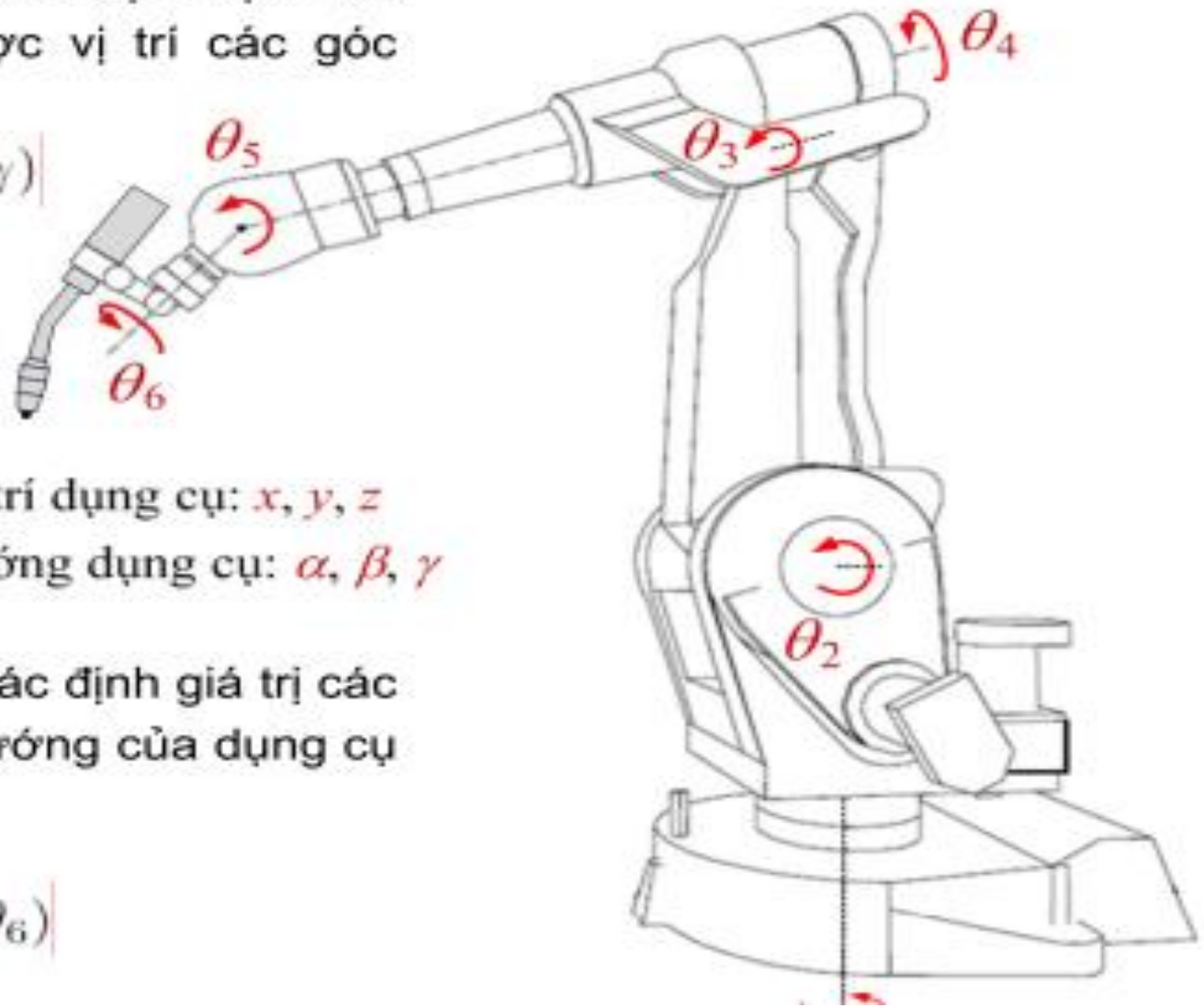
1.Thiết lập ma trận D-H cho 1 robot .

2. Phân tích động học thuận cho robot.

PHƯƠNG TRÌNH ĐỘNG HỌC ROBOT

Bài toán động học vị trí thuận là xác định vị trí và hướng của dụng cụ khi biết được vị trí các góc khớp

$$(\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_6) \rightarrow (x, y, z, \alpha, \beta, \gamma)$$



Vị trí dụng cụ: x, y, z

Hướng dụng cụ: α, β, γ

Bài toán động học vị trí ngược là xác định giá trị các biến khớp khi biết được vị trí và hướng của dụng cụ (so với hệ tọa độ gốc)

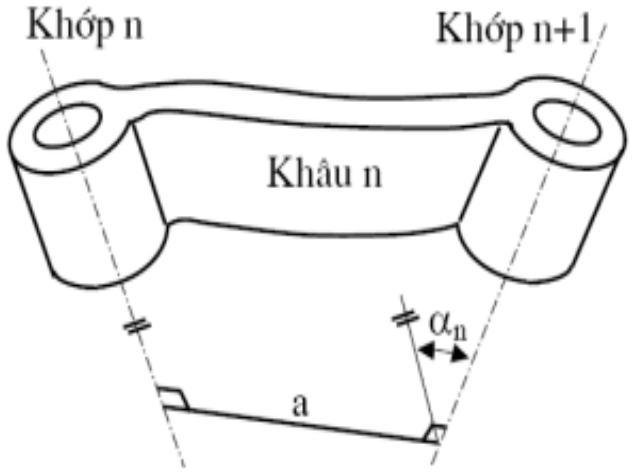
$$(x, y, z, \alpha, \beta, \gamma) \rightarrow (\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_6)$$

PHƯƠNG TRÌNH ĐỘNG HỌC ROBOT

Đối với robot nối tiếp (chuỗi hở), các khâu được liên kết với nhau thông qua các khớp động (quay/tịnh tiến) .

Nếu mỗi khâu gắn với một hệ trục tọa độ, 2 khâu liên tiếp được thể hiện qua ma trận thuần nhất T.

Để xây dựng được phương trình động học cho robot , ta sử dụng quy tắc Denavit-Hartenberg.(DH).



Bộ thông số D-H chuẩn bao gồm 4 thông số:

1.Độ dài pháp tuyến chung a (đường vuông góc chung 2 trục z)
2.Góc quay quanh trục x 1 góc α
3.Góc quay quanh trục z 1 góc Θ
4.độ dài tiếp tuyến chung d(đường vuông góc chung 2 trục ox)

PHƯƠNG TRÌNH ĐỘNG HỌC ROBOT

Lưu ý :

- Gốc chuẩn của 1 robot là khâu 0 (cố định). không tính vào số khâu.
- Khâu 1 nối với khâu chuẩn bởi khớp 1,
- ko có khớp ở khâu cuối cùng.

PHƯƠNG TRÌNH ĐỘNG HỌC ROBOT

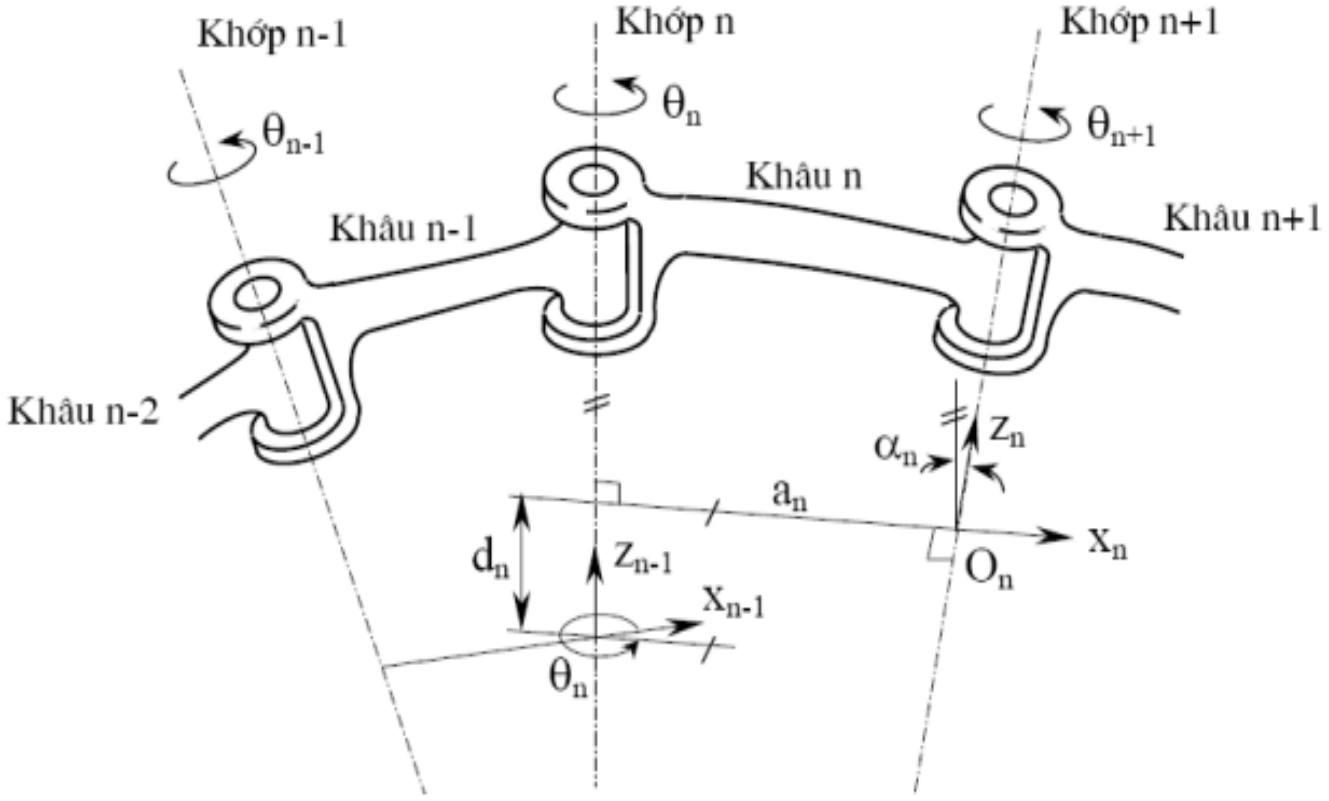
CÁC TRƯỜNG HỢP ĐẶC BIỆT:

+ $\alpha_n = 0, a_n = const$ (2 trục khớp song song)

+ $|\alpha_n| = 90, a_n = const$ (2 trục khớp vuông góc)

+ $\alpha_n = 0(180), a_n = 0$ (2 trục khớp trùng nhau)

+ $|\alpha_n| = 90, a_n = 0$ (2 trục khớp cắt nhau và vuông góc nhau)



Với 4 thông số trên ta có thể định hướng và vị trí mỗi khâu so với khâu trước đó và so với tọa độ gốc.

Nếu khớp nối 2 khâu là khớp quay thì Θ_n là biến khớp(3 thông số còn lại là hằng số).

Nếu khớp là tịnh tiến D_n là biến khớp $\Theta_n = 0$; $a_n = 0$; $\alpha_n = const$.

PHƯƠNG TRÌNH ĐỘNG HỌC ROBOT

QUY ƯỚC CHỌN GỐC TỌA ĐỘ CHO ROBOT:

1. chọn gốc tọa độ:

2. Gốc của khâu thứ n nằm trên đường tâm của trục khớp thứ (n+1) và giao điểm đường pháp tuyến chung a_n .

3. Nếu 2 trục cắt nhau thì gốc tại điểm cắt đó, nếu 2 trục song song thì O_n nằm ở vị trí nào để thuận tiện cho quá trình tính toán.

4. Chọn trục Z_n : **trục Z_n nằm dọc theo trục khớp thứ n+1.**

5. Trục X_n : **nằm pháp tuyến chung (đường vuông góc chung) hướng từ trục khớp n đến trục khớp n+1.**
6. Nếu 2 trục khớp cắt nhau thì $\vec{x}_n = \vec{z}_n . \vec{z}_{n+1}$
7. Góc quay cùng chiều KĐH : dương , ngược KĐH: âm

PHƯƠNG TRÌNH ĐỘNG HỌC ROBOT

Tóm lại:

Bảng thông số D-H gồm 4 thông số cơ bản :

- α : góc quay quanh trục x. (trục z đổi hướng).
- a : khoảng cách 2 trục z.
- d: khoảng cách 2 trục x.
- Θ : góc quay quanh trục z.(trục x đổi hướng)

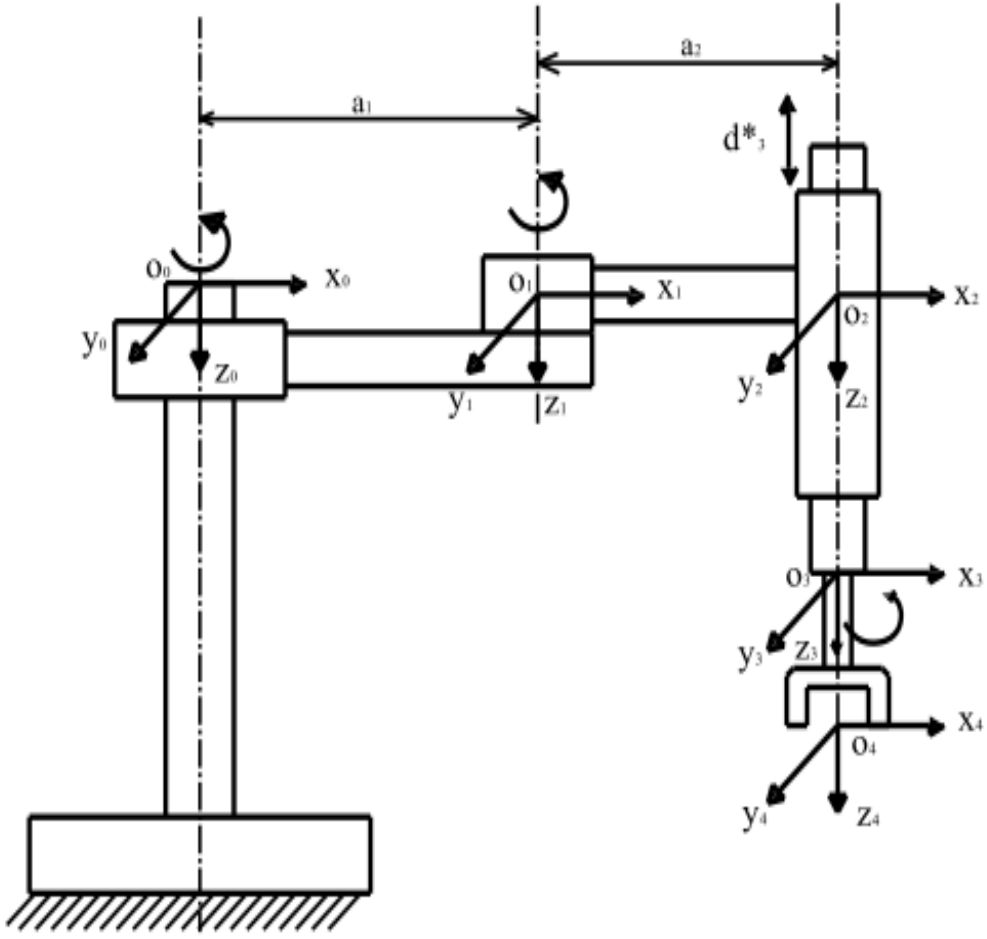
Khớp là tịnh tiến : d là biến khớp - Θ =0; a =0; α =const.

Khớp là khớp quay : Θ_n là biến khớp.

D,a, α = const.

MỘT SỐ VÍ DỤ

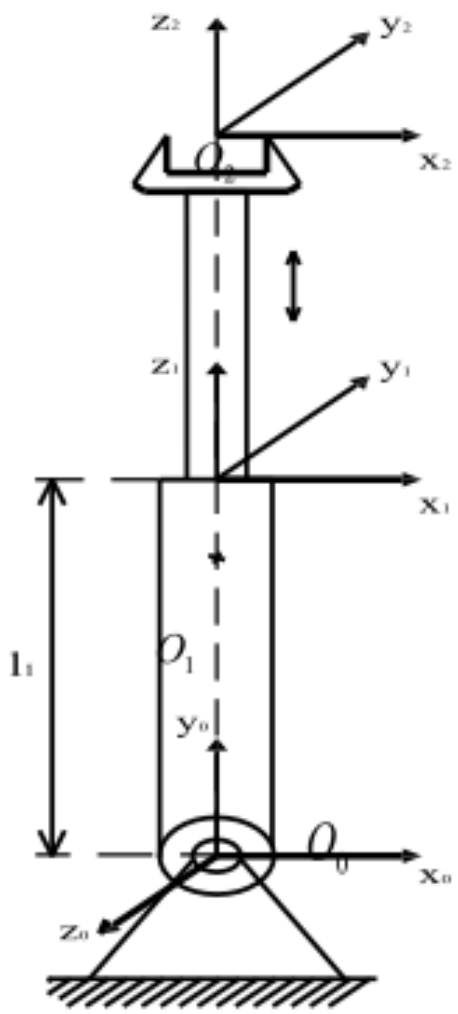
SCARA ROBOT



Khớp	a	α	θ	d
0-1	a1	0	θ_1	0
1-2	a2	0	Θ_2	0
2-3	0	0	0	d

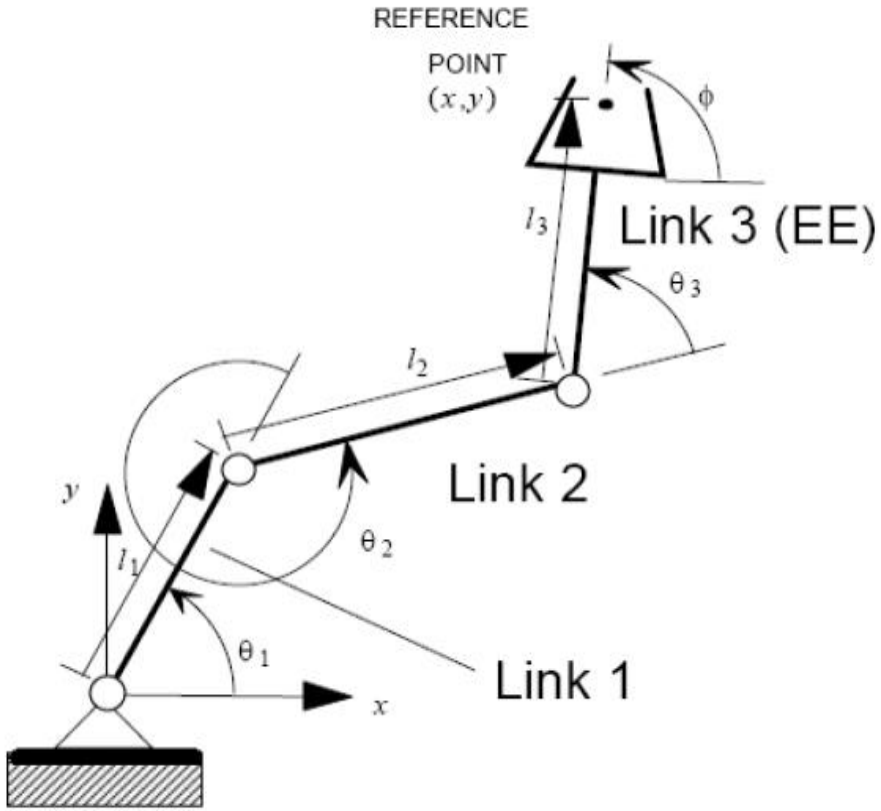
ROBOT 2 KHỚP XOAY-TỊNH TIẾN RT

Khớp	a	α	θ	d
1	0	90	θ1	l1
2	0	0	0	d

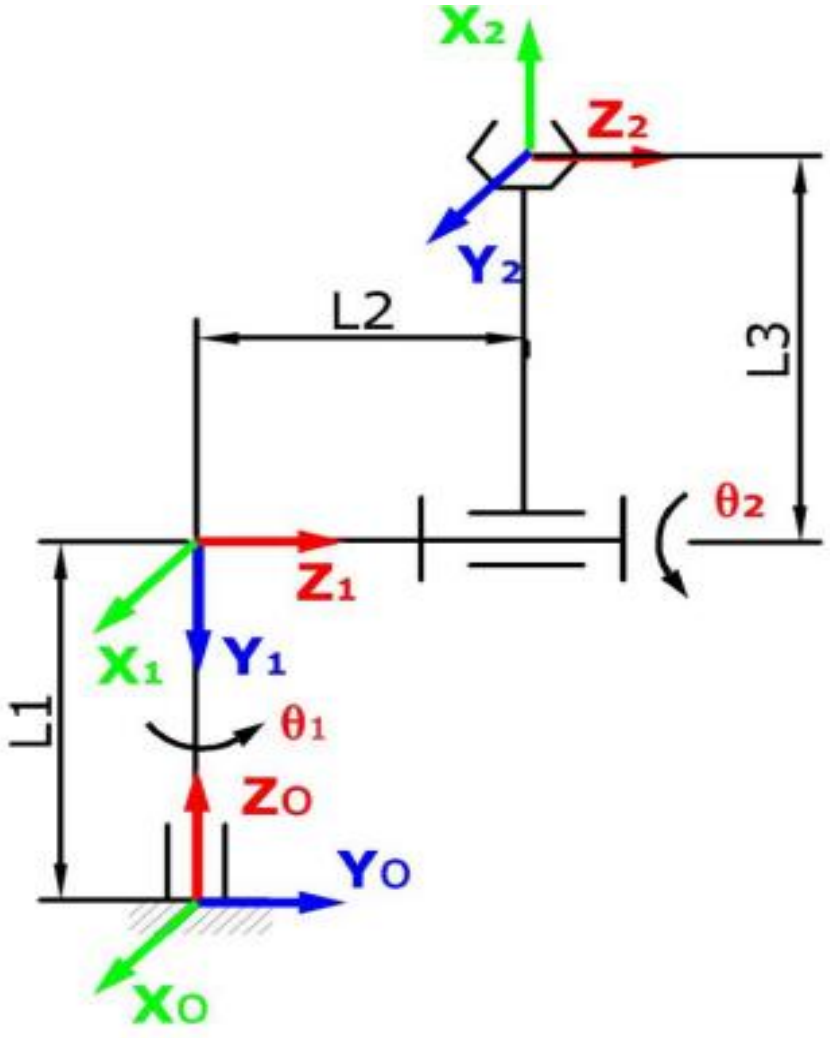


ROBOT 3 KHÂU XOAY RRR- ĐỒNG PHẲNG

khâu	a	α	θ	d
1	l1	0	θ1	0
2	l2	0	θ2	0
3	l3	0	θ3	0



ROBOT CÓ 2 KHỚP QUAY



Khớp	a	α	θ	d
1	0	-90	theta1	l1
2	l3	0	theta2	l2

VIẾT PHƯƠNG TRÌNH ĐỘNG HỌC CHO 1 ROBOT

CÁC BƯỚC VIẾT PHƯƠNG TRÌNH ĐỘNG HỌC CHO ROBOT

1. *Bước1:* Chọn hệ toạ độ cơ bản và gán các hệ toạ độ trung gian khác :

+ Giả định vị trí ban đầu của Robot, là vị trí các biến khớp thường bằng 0

+ Chọn gốc hệ toạ độ O_0, O_1…

+ Chọn trục $Z_{0,}$ $_Z1_{...}$ theo nguyên tắc chung.

+ Chọn các trục x_0, x_1 …

Vì ma trận $A_i = R(z, \theta_i).\ T_p(0, 0, d_i).\ T_p(a_i, 0, 0).\ R(x, \alpha_i)$ nên trục x_{n-1} chính là trục quay z_{n-1} thành trục Z_n :

Trong quá trình gắn htd thì khi xuất hiịen các phéop biến đổi : Trans(0.y,0) và Rot(y,theta) thì vị trí giả định ban đầu là không đúng, cần thay đổi vị trí mới.

2. *Bước 2:* Lập bảng thông số DH.

3. *Bước 3:* Xác định các ma trận A_i

4. *Bước 4:* Tính các ma trận T từ ngọn tới gốc. $T_4=A_1A_2A_3A_4$

Tính ngược từ sau ra trước (Thông thường)

5. *Bước 5:* Viết phương trình động học Robot

CÁC BƯỚC VIẾT PHƯƠNG TRÌNH ĐỘNG HỌC CHO ROBOT

Bước 1 : chọn hệ trục , gốc tọa độ.

Bước 2 : viết ma trận DH cho robot

CÁC BƯỚC VIẾT PHƯƠNG TRÌNH ĐỘNG HỌC CHO ROBOT

Bước 3: viết các ma trận Ai từ bảng thông số DH

$$Rot(z,\theta)=\begin{bmatrix}\cos\theta & -\sin\theta & 0 & 0\\ \sin\theta & \cos\theta & 0 & 0\\ 0 & 0 & 1 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 1\end{bmatrix}\qquad H_2=\begin{bmatrix}1 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 1 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 1 & d\\ 0 & 0 & 0 & 1\end{bmatrix}\qquad H_1=\begin{bmatrix}1 & 0 & 0 & a\\ 0 & 1 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 1 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 1\end{bmatrix}\qquad Rot(x,\theta)=\begin{bmatrix}1 & 0 & 0 & 0\\ 0 & \cos\theta & -\sin\theta & 0\\ 0 & \sin\theta & \cos\theta & 0\\ 0 & 0 & 0 & 1\end{bmatrix}$$

$$A_i = R(z,\theta_i).\,T_p(0,0,d_i).\,T_p(a_i,0,0).\,R(x,\alpha_i)$$

$$A_i=\begin{bmatrix}\cos\theta_i & -\cos\alpha_i\sin\theta_i & \sin\alpha_i\sin\theta_i & a_i\cos\theta_i\\ \sin\theta_i & \cos\alpha_i\cos\theta_i & -\sin\alpha_i\cos\theta_i & a_i\sin\theta_i\\ 0 & \sin\alpha_i & \cos\alpha_i & d_i\\ 0 & 0 & 0 & 1\end{bmatrix}$$

CÁC BƯỚC VIẾT PHƯƠNG TRÌNH ĐỘNG HỌC CHO ROBOT

Đối với khớp tịnh tiến thì θ_i =a=0 nên:

$$A_i = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & -\sin\alpha & 0 \\ 0 & \sin\alpha & \cos\alpha & d \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Vậy, A_1 là ma trận mô tả hướng và vị trí của hệ toạ độ gắn trên *khâu thứ nhất so với hệ toạ độ gốc.*

Tương tự cho A_2 , là ma trận mô tả mối quan hệ về hướng và vị trí của *hệ toạ độ thứ hai so với hệ toạ độ gắn trên khâu thứ nhất.*

Nếu một Robot có 6 khâu thì :

$T_6=A_1A_2A_3\,A_4A_5A_6$.

CÁC BƯỚC VIẾT PHƯƠNG TRÌNH ĐỘNG HỌC CHO ROBOT

$$T_6 = \begin{bmatrix} n_x & o_x & a_x & p_x \\ n_y & o_y & a_y & p_y \\ n_z & o_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

+ $\vec{a}$: Vector có hướng mà theo đó bàn tay sẽ tiếp cận đến đối tượng.

+ $\vec{o}$: Vector có hướng theo đó các ngón tay cầm nắm hay thả đối tượng.

+ $\vec{n}$: Vector pháp tuyến của $\vec{o}$ và $\vec{a}$: $\vec{n} = \vec{o}.\vec{a}$

$$^{n-1}T_n = \prod_{i=1}^{n} A_i$$

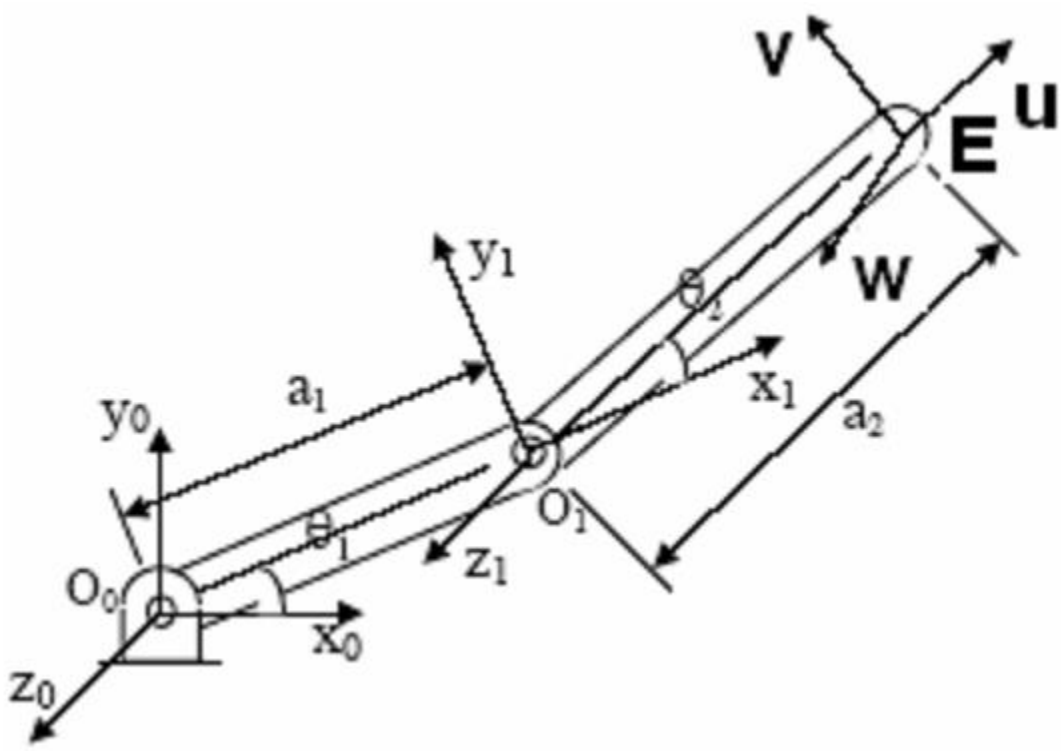
Với : $^{2}T_3 = A_3$

$^{1}T_3 = A_2 A_3$

CÁC VÍ DỤ LẬP PHƯƠNG TRÌNH ĐỘNG HỌC CHO ROBOT

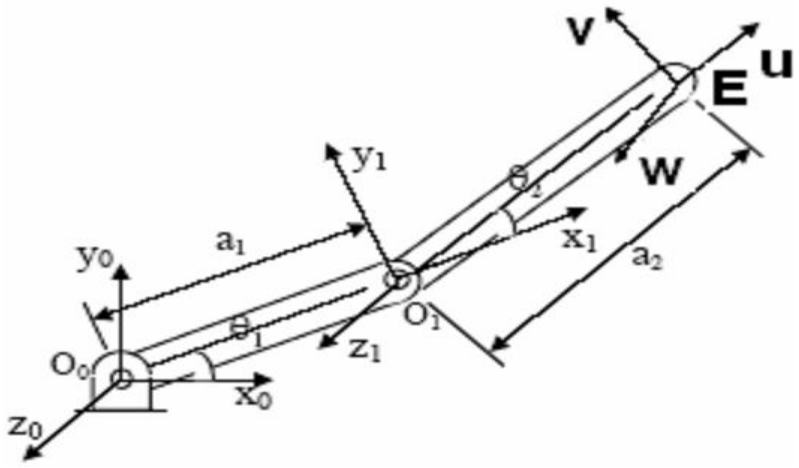
ROBOT 2 KHÂU- PT ĐỘNG HỌC

Viết phương trình động học vị trí cho robot 2 khâu xoay như hình vẽ:



ROBOT 2 KHÂU- PT ĐỘNG HỌC

Bước 1: hệ trục tọa độ như hình vẽ.



Theo mô hình động học - Bảng D-H

Khâu	a	α	d	θ
1	a_1	0	0	θ_1
2	a_2	0	0	θ_2

Bước 2 : viết bảng DH:

Bước 3 : lập các ma trận Ai

ROBOT 2 KHÂU- PT ĐỘNG HỌC

$$A1=\begin{bmatrix} C_1 & -S_1 & 0 & a_1C_1 \\ S_1 & C_1 & 0 & a_1S_1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A2=\begin{bmatrix} C_2 & -S_2 & 0 & a_2C_2 \\ S_2 & C_2 & 0 & a_2S_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Bước 4: tính ma trận tổng quát 1 robot :
nhân các ma trận từng thành phần bước 3

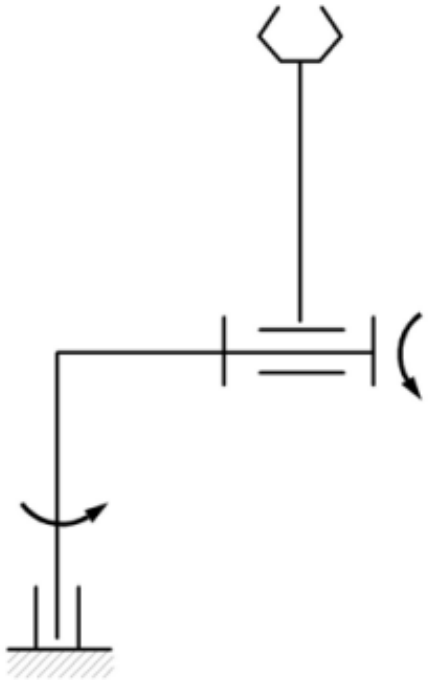
$$
{}^{0}T_2 = {}^{0}T_1\,{}^{1}T_2 = \begin{bmatrix} C_1C_2 - S_1S_2 & -(C_1S_2 + S_1C_2) & 0 & a_2(C_1C_2 - S_1S_2) + a_1C_1 \\ S_1C_2 + C_1S_2 & C_1C_2 - S_1S_2 & 0 & a_2(S_1C_2 + C_1S_2) + a_1S_1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
$$

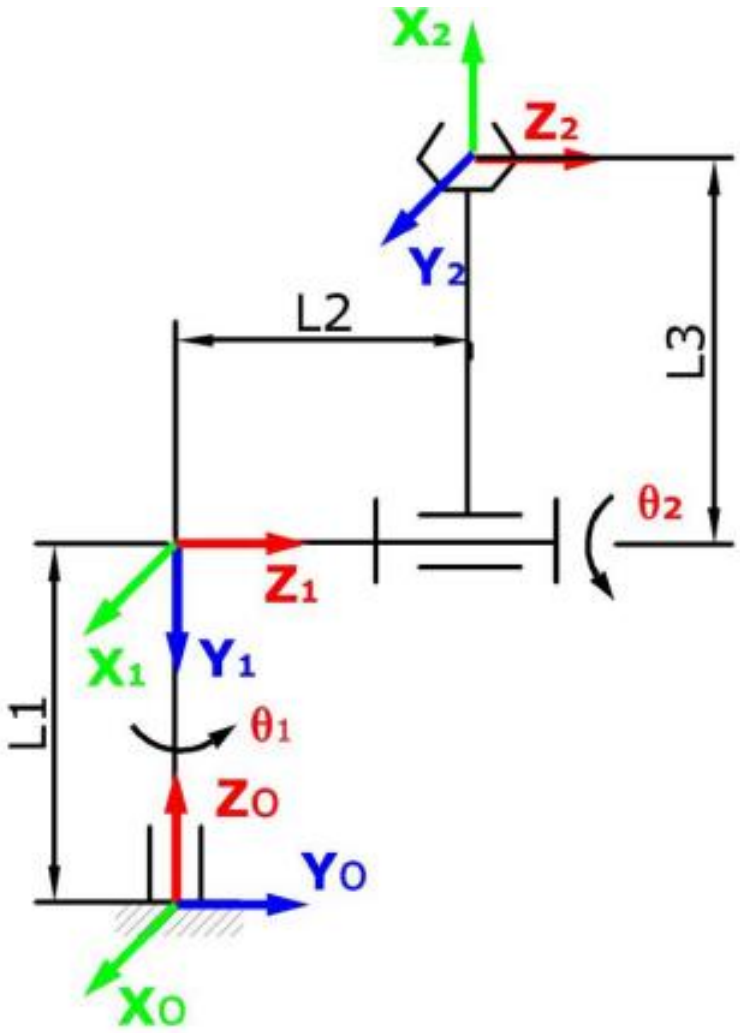
Bước 5 : kết luận phương trình động học thuận vị trí cuối cùng.

$$T_6 = \begin{bmatrix} n_x & o_x & a_x & p_x \\ n_y & o_y & a_y & p_y \\ n_z & o_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_1C_2 - S_1S_2 & -(C_1S_2 + S_1C_2) & 0 & a_2(C_1C_2 - S_1S_2) + a_1C_1 \\ S_1C_2 + C_1S_2 & C_1C_2 - S_1S_2 & 0 & a_2(S_1C_2 + C_1S_2) + a_1S_1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

VÍ DỤ 2 : VIẾT PHƯƠNG TRÌNH ĐỘNG HỌC

ROBOT 2 KHÂU- PT ĐỘNG HỌC





Khớp	a	α	θ	d
1	0	-90	theta1	l1
2	l3	0	theta2	l2

Khớp	a	α	θ	d
1	0	-90	theta1	l1
2	l3	0	theta2	l2

ROBOT 2 KHÂU- PT ĐỘNG HỌC

$$ {}^{0}A_1 = \begin{bmatrix} C_1 & 0 & -S_1 & 0 \\ S_1 & 0 & C_1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & L_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad {}^{1}A_2 = \begin{bmatrix} C_2 & -S_2 & 0 & L_3C_2 \\ S_2 & C_2 & 0 & L_3S_2 \\ 0 & 0 & 1 & L_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

$$ {}^{0}T_2 = {}^{0}A_1\,{}^{1}A_2 = \begin{bmatrix} C_1C_2 & -C_1S_2 & -S_1 & L_3C_1C_2 - L_2S_1 \\ S_1C_2 & -S_1S_2 & C_1 & L_3S_1C_2 + L_2C_1 \\ -S_2 & -C_2 & 0 & L_1 - L_3S_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

Bài toán động học thuận vị trí:

$$
{}^0T_2 = {}^0A_1\,{}^1A_2 = \begin{bmatrix} C_1C_2 & -C_1S_2 & -S_1 & L_3C_1C_2 - L_2S_1 \\ S_1C_2 & -S_1S_2 & C_1 & L_3S_1C_2 + L_2C_1 \\ -S_2 & -C_2 & 0 & L_1 - L_3S_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
$$

$$
p_x = L_3C_1C_2 - L_2S_1 \qquad p_y = L_3S_1C_2 + L_2C_1 \qquad p_z = L_1 - L_3S_2
$$

Bài toán động học thuận là biết ${}^0q = \begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \end{bmatrix}$ tìm ${}^0p_2 = \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \\ 1 \end{bmatrix}$

Bài tập :

Viết các phương trình động học vị trí của các robot trong phần bài giảng …

THE END

….